

# OBSAH

<b>PŘEDMLUVA</b> .....	<b>4</b>
<b>PODĚKOVÁNÍ</b> .....	<b>5</b>
<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>15</b>
1.1 ÚČEL A POPIS .....	15
1.2 CÍLE A OMEZENÍ METODY FMEA.....	16
1.3 INTEGRACE FMEA V ORGANIZACI.....	17
1.3.1 Potenciální úvahy o FMEA .....	17
1.3.2 Závazek vrcholového vedení.....	18
1.3.3 Ochrana odborných znalostí ve vztahu k FMEA-D/FMEA-P.....	18
1.3.4 Dohoda mezi zákazníkem a dodavatelem .....	18
1.3.5 Strategie přechodu .....	19
1.3.6 Základní (Foundation) a Rodinná (Family) FMEA .....	19
1.4 FMEA PRODUKTŮ A PROCESŮ .....	20
1.4.1 FMEA návrhu produktu (FMEA-D).....	21
1.4.2 FMEA procesu (FMEA-P).....	21
1.4.3 Spolupráce v rámci FMEA.....	22
1.5 PLÁNOVÁNÍ PROJEKTU .....	23
1.5.1 FMEA – účel (In Tent).....	23
1.5.2 FMEA – termíny (Time).....	23
1.5.3 FMEA – tým (Team).....	25
1.5.4 FMEA úlohy (Tasks) .....	28
1.5.5 FMEA nástroje (Tools) .....	28
1.6 FMEA METODOLOGIE .....	28
<b>2 POSTUP PROVEDENÍ FMEA-D</b> .....	<b>31</b>
2.1 FMEA – D KROK 1: PLÁNOVÁNÍ A PŘÍPRAVA .....	31
2.1.1 Účel.....	31
2.1.2 FMEA - D identifikace projektu a rozhraní.....	31
2.1.3 Plán projektu FMEA-D .....	32
2.1.4 Identifikace výchozích podmínek FMEA-D.....	32
2.1.5 Záhloví FMEA-D .....	33
2.1.6 Základ pro Analýzu struktury.....	33
2.2 FMEA-D KROK 2: ANALÝZA STRUKTURY .....	34
2.2.1 Účel.....	34
2.2.2 Struktura systému .....	34
2.2.3 Definice zákazníka .....	34
2.2.4 Vizualizace struktury systému .....	35
2.2.5 Spolupráce mezi zákazníkem a dodavatelem.....	40
2.2.6 Základ pro Analýzu funkcí.....	40
2.3 FMEA-D KROK 3: ANALÝZA FUNKCÍ.....	40
2.3.1 Účel.....	40
2.3.2 Funkce .....	41
2.3.3 Požadavky.....	41
2.3.4 Diagram parametrů (P-Diagram) .....	42
2.3.5 Analýza funkcí .....	45

2.3.6	Spolupráce mezi inženýrskými týmy (systém, bezpečnost a komponenty/díly)	47
2.3.7	Základ pro Analýzu selhání	48
2.4	FMEA-D KROK 4: ANALÝZA SELHÁNÍ	48
2.4.1	Účel	48
2.4.2	Selhání	48
2.4.3	Definice řetězce selhání	50
2.4.4	Následky vady	51
2.4.5	Vada	52
2.4.6	Příčiny vady	52
2.4.7	Analýza selhání	53
2.4.8	Dokumentování Analýzy selhání	56
2.4.9	Spolupráce mezi zákazníkem a dodavatelem (následky vad)	57
2.4.10	Základ pro Analýzu rizik	57
2.5	FMEA-D KROK 5: ANALÝZA RIZIK	57
2.5.1	Účel	57
2.5.2	Opatření v návrhu produktu (design)	57
2.5.3	Stávající preventivní opatření (PC)	58
2.5.4	Stávající opatření k odhalení (DC)	59
2.5.5	Potvrzení stávajících preventivních opatření a opatření k odhalení	60
2.5.6	Hodnocení	61
2.5.7	Význam (S)	61
2.5.8	Výskyt (O)	62
2.5.9	Detekce (D)	66
2.5.10	Priorita opatření (AP)	67
2.5.11	Spolupráce mezi zákazníkem a dodavatelem (význam)	72
2.5.12	Základ pro Optimalizaci	73
2.6	FMEA-D KROK 6: OPTIMALIZACE	73
2.6.1	Účel	73
2.6.2	Přidělování odpovědností	74
2.6.3	Status opatření	74
2.6.4	Posuzování efektivity opatření	75
2.6.5	Neustálé zlepšování	75
2.6.6	Spolupráce mezi týmem FMEA, managementem, zákazníky a dodavateli týkající se možných selhání	76
2.7	FMEA-D KROK 7: DOKUMENTOVÁNÍ VÝSLEDKŮ	76
2.7.1	Účel	76
2.7.2	Zpráva FMEA	77
<b>3</b>	<b>POSTUP PROVEDENÍ FMEA-P</b>	<b>79</b>
3.1	FMEA-P KROK 1: PLÁNOVÁNÍ A PŘÍPRAVA	79
3.1.1	Účel	79
3.1.2	FMEA-P identifikace projektu a rozhraní	79
3.1.3	Plán projektu FMEA-P	82
3.1.4	Identifikace výchozích podmínek FMEA-P	82
3.1.5	Záhlaví FMEA-P	82
3.2	FMEA-P KROK 2: ANALÝZA STRUKTURY	83
3.2.1	Účel	83
3.2.2	Vývojový diagram procesu (Process Flow Diagram)	84
3.2.3	Strom struktury	84
3.2.4	Spolupráce mezi zákazníkem a dodavatelem (odpovědnost za rozhraní)	87
3.2.5	Základ pro Analýzu funkcí	87
3.3	FMEA-P 3 KROK: ANALÝZA FUNKCÍ	88
3.3.1	Účel	88

3.3.2	Funkce .....	88
3.3.3	Požadavky (charakteristiky) .....	89
3.3.4	Vizualizace vztahů mezi funkcemi .....	91
3.3.5	Spolupráce mezi inženýrskými týmy (systémy, bezpečnost a komponenty/díly).....	93
3.3.6	Základ pro Analýzu selhání.....	93
3.4	FMEA-P KROK 4: ANALÝZA SELHÁNÍ .....	93
3.4.1	Účel.....	93
3.4.2	Selhání .....	93
3.4.3	Řetězec selhání .....	94
3.4.4	Následky vad .....	94
3.4.5	Vada (projev vady) .....	96
3.4.6	Příčiny vad .....	97
3.4.7	Analýza selhání.....	99
3.4.8	Vztah mezi FMEA-P a FMEA-D.....	101
3.4.9	Dokumentování analýzy selhání.....	102
3.4.10	Spolupráce mezi zákazníkem a dodavatelem (následky vad).....	103
3.4.11	Základ pro analýzu rizik .....	103
3.5	FMEA-P KROK 5: ANALÝZA RIZIK .....	104
3.5.1	Účel.....	104
3.5.2	Stávající preventivní opatření (PC).....	104
3.5.3	Stávající opatření k odhalení (DC) .....	105
3.5.4	Stávající preventivní opatření a opatření k odhalení.....	106
3.5.5	Hodnocení.....	106
3.5.6	Význam (S).....	107
3.5.7	Výskyt (O) .....	110
3.5.8	Detekce (D) .....	111
3.5.9	Priorita opatření (AP).....	114
3.5.10	Spolupráce mezi zákazníkem a dodavatelem (parametr význam) .....	118
3.5.11	Základ pro optimalizaci .....	118
3.6	FMEA-P KROK 6: OPTIMALIZACE .....	119
3.6.1	Účel.....	119
3.6.2	Přidělování odpovědností .....	120
3.6.3	Status opatření .....	120
3.6.4	Posuzování efektivity opatření .....	121
3.6.5	Neustálé zlepšování .....	121
3.6.6	Spolupráce mezi týmem FMEA, managementem, zákazníky a dodavateli týkající se možných selhání ...	121
3.7	FMEA-P KROK 7: DOKUMENTOVÁNÍ VÝSLEDKŮ .....	122
3.7.1	Účel.....	122
3.7.2	Zpráva FMEA .....	122
<b>4</b>	<b>DOPLŇKOVÁ - FMEA MONITOROVÁNÍ A ODEZVY SYSTÉMU (FMEA-MSR) .....</b>	<b>125</b>
4.1	FMEA-MSR KROK 1: PLÁNOVÁNÍ A PŘÍPRAVA .....	126
4.1.1	Účel.....	126
4.1.2	FMEA-MSR identifikace projektu a rozhraní.....	127
4.1.3	FMEA-MSR Plán projektu .....	128
4.2	FMEA-MSR KROK 2: ANALÝZA STRUKTURY .....	129
4.2.1	Účel.....	129
4.2.2	Strom struktury.....	129
4.3	FMEA-MSR KROK 3: ANALÝZA FUNKCÍ .....	131
4.3.1	Účel.....	131
4.3.2	Funkce .....	131
4.4	FMEA-MSR KROK 4: ANALÝZA SELHÁNÍ .....	132
4.4.1	Účel.....	132
4.4.2	Scénáře selhání.....	132
4.4.3	Příčiny poruchy .....	134

4.4.4 Vada .....	135
4.4.5 Následek poruchy .....	136
4.5 FMEA-MSR KROK 5: ANALÝZA RIZIK .....	136
4.5.1 Účel.....	136
4.5.2 Hodnocení.....	137
4.5.3 Význam (S).....	137
4.5.4 Zdůvodnění hodnocení četnosti.....	138
4.5.5 Četnost (F) .....	139
4.5.6 Stávající monitorovací opatření.....	141
4.5.7 Monitoring (M).....	141
4.5.8 Priorita opatření (AP) pro FMEA-MSR .....	146
4.6 FMEA-MSR KROK 6: OPTIMALIZACE.....	149
4.6.1 Účel.....	149
4.6.2 Přidělování odpovědností .....	150
4.6.3 Status opatření .....	150
4.6.4 Posuzování efektivity opatření .....	151
4.6.5 Neustálé zlepšování .....	151
4.7 FMEA-MSR KROK 7: DOKUMENTOVÁNÍ VÝSLEDKŮ.....	153
4.7.1 Účel.....	153
4.7.2 Zpráva FMEA .....	153

<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>155</b>
A PŘÍKLADY FORMULÁŘŮ FMEA .....	158
B FORMULÁŘE – POKYNY KROK ZA KROKEM .....	171
C TABULKY PARAMETRŮ „VÝZNAM“ (S), VÝSKYT (O), „DETEKCE“ (D) PRIORITY OPATŘENÍ (AP).....	185
D PŘÍLOHY.....	210
E DALŠÍ OBLASTI POUŽITÍ.....	213
F PŘEHLED ZMĚN SUMARIZACE .....	215
G ODKAZY A DOPORUČENÁ LITERATURA.....	235
H POJMY .....	236

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1.1-1 ASPEKTY RIZIK .....	16
OBRÁZEK 1.4-1 SPOLUPRÁCE V DODAVATELSKÉM ŘETĚZCI FMEA.....	22
OBRÁZEK 1.5-1 NAČASOVÁNÍ FMEA – MODERNÍ PLÁNOVÁNÍ KVALITY PRODUKTU (FÁZE APQP).....	24
OBRÁZEK 1.5-2 NAČASOVÁNÍ FMEA – ZAJIŠŤOVÁNÍ STUPŇŮ ZRALOSTI PRO NOVÉ DÍLY (MILNÍKY RGA).....	24
OBRÁZEK 1.6-1 7KROKOVÝ PŘÍSTUP FMEA .....	29
OBRÁZEK 2.1-1 PŘÍKLAD KOMPLETNÍHO ZÁHLAVÍ FMEA-D: KROK 1 PLÁNOVÁNÍ A PŘÍPRAVA .....	33
OBRÁZEK 2.2-1 PŘÍKLAD BLOKOVÉHO DIAGRAMU/DIAGRAMU ROZHRAŇÍ (BLOCK/BOUNDARY DIAGRAM).....	37
OBRÁZEK 2.2-2 ANALÝZA STRUKTURY – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ STROMU .....	39
OBRÁZEK 2.2-3 ANALÝZA STRUKTURY – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ FORMULÁŘE.....	39
OBRÁZEK 2.3-1 ZNÁZORNĚNÍ TOKU VSTUP/VÝSTUP/ROZHRAŇÍ.....	41
OBRÁZEK 2.3-2 PŘÍKLAD CHOVÁNÍ SYSTÉMU .....	43
OBRÁZEK 2.3-3 DIAGRAM PARAMETRŮ NA PŘÍKLADU ELEKTRICKÉHO MOTORU .....	45
OBRÁZEK 2.3-4 ANALÝZA FUNKCÍ – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ STROMU .....	46
OBRÁZEK 2.3-5 ANALÝZA FUNKCÍ – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ FORMULÁŘE .....	47
OBRÁZEK 2.4-1 TYPY SELHÁNÍ .....	49

OBRÁZEK 2.4-2	DEFINICE SELHÁNÍ .....	50
OBRÁZEK 2.4-3	TEORETICKÝ MODEL ŘETĚZCE SELHÁNÍ .....	50
OBRÁZEK 2.4-4	STRUKTURA SELHÁNÍ NA RŮZNÝCH ÚROVNÍCH SYSTÉMU .....	54
OBRÁZEK 2.4-5	ANALÝZA SELHÁNÍ – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ STROMU .....	55
OBRÁZEK 2.4-6	ANALÝZA SELHÁNÍ – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ FORMULÁŘE .....	55
OBRÁZEK 2.4-7	ZNÁZORNĚNÍ PROPOJENÍ POLOŽEK ANALÝZY FUNKCÍ A ANALÝZY SELHÁNÍ NA ÚROVNI SYSTÉMU (VYŠŠÍ ÚROVEŇ) ..	56
OBRÁZEK 2.4-8	ZNÁZORNĚNÍ PROPOJENÍ POLOŽEK ANALÝZY FUNKCÍ A ANALÝZY SELHÁNÍ NA ÚROVNI VYBRANÉHO PRVKU .....	56
OBRÁZEK 2.4-9	ZNÁZORNĚNÍ PROPOJENÍ POLOŽEK ANALÝZY FUNKCÍ A ANALÝZY SELHÁNÍ NA NIŽŠÍ ÚROVNI SYSTÉMU (NEBO DRUHU CHARAKTERISTIKY) .....	56
OBRÁZEK 2.5-1	PREVENCE A DETEKCE VE FMEA-D.....	60
OBRÁZEK 2.5-2	SCHÉMA PRO POCHOPENÍ AKTIVIT NÁVRHU A VÝVOJE .....	60
OBRÁZEK 2.5-3	PŘÍKLAD FORMULÁŘE ANALÝZY RIZIK FMEA-D .....	72
OBRÁZEK 2.6-1	PŘÍKLAD FORMULÁŘE OPTIMALIZACE FMEA-D S NOVÝM HODNOCENÍM RIZIK .....	76
OBRÁZEK 3.1-1	PŘÍKLAD POSTUPU PLÁNOVÁNÍ A PŘÍPRAVY PRO VYMEZENÍ PŘEDMĚTU ANALÝZY .....	81
OBRÁZEK 3.1-2	PŘÍKLAD KOMPLETNÍHO ZÁHLAVÍ FMEA-P KROK 1 PLÁNOVÁNÍ A PŘÍPRAV .....	83
OBRÁZEK 3.2-1	VÝVOJOVÝ DIAGRAM PROCESU.....	84
OBRÁZEK 3.2-2	ANALÝZA STRUKTURY – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ STROMU (MONTÁŽNÍ LINKA ELEKTROMOTORU)) .....	85
OBRÁZEK 3.2-3	POLOŽKA PROCESU .....	85
OBRÁZEK 3.2-4	KROKY PROCESU .....	86
OBRÁZEK 3.2-5	ANALÝZA STRUKTURY – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ FORMULÁŘE .....	87
OBRÁZEK 3.3-1	PŘÍKLAD DIAGRAMU PARAMETRŮ – LISOVÁNÍ SINTROVANÉHO LOŽISKA .....	91
OBRÁZEK 3.3-2	ANALÝZA FUNKCÍ – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ STROMU .....	92
OBRÁZEK 3.3-3	ANALÝZA FUNKCÍ – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ FORMULÁŘE .....	92
OBRÁZEK 3.4-1	TEORETICKÝ MODEL ŘETĚZCE SELHÁNÍ .....	94
OBRÁZEK 3.4-2	ANALÝZA SELHÁNÍ – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ STROMU .....	99
OBRÁZEK 3.4-3	ANALÝZA SELHÁNÍ – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ FORMULÁŘE .....	100
OBRÁZEK 3.4-4	VZTAH MEZI FMEA-P A FMEA-D .....	102
OBRÁZEK 3.4-5	ZNÁZORNĚNÍ PROPOJENÍ POLOŽEK ANALÝZY FUNKCÍ A SELHÁNÍ NA ÚROVNI POLOŽKY PROCESU .....	102
OBRÁZEK 3.4-6	ZNÁZORNĚNÍ PROPOJENÍ POLOŽEK ANALÝZY FUNKCÍ A SELHÁNÍ NA ÚROVNI KROKU PROCESU.....	103
OBRÁZEK 3.4-7	ZNÁZORNĚNÍ PROPOJENÍ POLOŽEK ANALÝZY FUNKCÍ A SELHÁNÍ NA ÚROVNI PRVKU PROVÁDĚNÍ ČINNOSTÍ (4M) ..	103
OBRÁZEK 3.5-1	PREVENCE A ODHALOVÁNÍ FMEA-P .....	105
OBRÁZEK 3.5-2	SCHÉMA PRO POCHOPENÍ PROCESU .....	106
OBRÁZEK 3.5-3	PŘÍKLAD FORMULÁŘE FMEA-P S ANALÝZOU RIZIK .....	118
OBRÁZEK 3.6-1	PŘÍKLAD FORMULÁŘE FMEA-P S OPTIMALIZACÍ A NOVÝM HODNOCENÍM RIZIK .....	122
OBRÁZEK 4.1-1	PŘÍKLAD BLOKOVÉHO SCHÉMATU MECHATRONICKÉHO SYSTÉMU .....	128
OBRÁZEK 4.2-1	ANALÝZA STRUKTURY – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ STROMU (SYSTÉM OVLÁDÁNÍ OKNA PRO VYŠETŘOVÁNÍ CHYBNÝCH SIGNÁLŮ, MONITOROVÁNÍ A ODEZVY SYSTÉMU) .....	129
OBRÁZEK 4.2-2	ANALÝZA STRUKTURY - PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ STROMU (STRUKTURA INTELIGENTNÍHO SENSORU S VNITŘNÍM SNÍMACÍM PRVKEM A VÝSTUPEM DO ROZHRANÍ) .....	130
OBRÁZEK 4.2-3	ANALÝZA STRUKTURY - PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ FORMULÁŘE .....	130
OBRÁZEK 4.3-1	ANALÝZA FUNKCÍ – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ STROMU.....	132
OBRÁZEK 4.3-2	ANALÝZA FUNKCÍ – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ FORMULÁŘE .....	132
OBRÁZEK 4.4-1	TEORETICKÝ MODEL ŘETĚZCE SELHÁNÍ V FMEA-D A FMEA-MSR .....	133
OBRÁZEK 4.4-2	SCÉNÁŘ SELHÁNÍ (1) – NENÍ NEBEZPEČNÝ.....	133
OBRÁZEK 4.4-3	SCÉNÁŘ SELHÁNÍ(2) - NEBEZPEČNÝ .....	134
OBRÁZEK 4.4-4	SCÉNÁŘ SELHÁNÍ (3) - ZMÍRNĚNÍ (NÁSLEDEK) .....	134
OBRÁZEK 4.4-5	ANALÝZA SELHÁNÍ - PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ ŘETĚZCE SELHÁNÍ BEZ MONITOROVÁNÍ NEBO S MONITOROVÁNÍM, KTERÉ JE POUZE ČÁSTEČNĚ ÚČINNÉ (SCÉNÁŘ (1) A (2)).....	135
OBRÁZEK 4.4-6	ANALÝZA SELHÁNÍ - PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ HYBRIDNÍHO ŘETĚZCE SELHÁNÍ VČETNĚ MONITOROVÁNÍ, KTERÉ JE VŽDY ÚČINNÉ A PŘEPNE SYSTÉM NA ZMÍRNĚNÝ NÁSLEDEK VADY (SCÉNÁŘ 3)). .....	136
OBRÁZEK 4.4-7	ANALÝZA SELHÁNÍ – PŘÍKLAD ZNÁZORNĚNÍ POMOCÍ ŘETĚZCE/SÍTĚ .....	136
OBRÁZEK 4.4-8	PŘÍKLAD FORMULÁŘE ANALÝZY SELHÁNÍ VE FMEA-MSR .....	136
OBRÁZEK 4.5-1	FMEA-MSR MONITOROVÁNÍ NEBYLO IMPLEMENTOVÁNO NEBO NEBYLO ZVÁŽENO .....	142

OBRÁZEK 4.5-2	FMEA-MSR SPOLEHLIVÉ DIAGNOSTICKÉ MONITOROVÁNÍ .....	142
OBRÁZEK 4.5-3	FMEA-MSR ČÁSTEČNĚ ÚČINNÉ DIAGNOSTICKÉ MONITOROVÁNÍ.....	143
OBRÁZEK 4.5-4	PŘÍKLAD FORMULÁŘE ANALÝZY RIZIK FMEA-MSR – VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO RIZIKA .....	149
OBRÁZEK 4.6-1	PŘÍKLAD FORMULÁŘE FMEA-MSR OPTIMALIZACE S NOVÝM HODNOCENÍM RIZIK.....	152

## Seznam tabulek

TABULKA D1– FMEA-D VÝZNAM (S).....	62
TABULKA D2 – FMEA-D VÝSKYT (O) .....	65
TABULKA D3 – FMEA-D DETEKCE (D) .....	67
TABULKA AP – PRIORITY OPATŘENÍ PRO FMEA-D .....	71
TABULKA P1 – FMEA-P VÝZNAM (S).....	109
TABULKA P2 – FMEA-P VÝSKYT (O).....	111
TABULKA P3 – FMEA-P DETEKCE (D) .....	113
TABULKA AP – PRIORITY OPATŘENÍ PRO FMEA-P .....	117
TABULKA MSR1 – DOPLŇKOVÁ FMEA-MSR VÝZNAM (S) .....	138
TABULKA MSR2 – DOPLŇKOVÁ FMEA-MSR ČETNOST (F).....	140
TABULKA MSR3 – DOPLŇKOVÁ FMEA- MSR MONITORING (M) .....	145
TABULKA AP – PRIORITY OPATŘENÍ PRO FMEA-MSR .....	148